



JP2002062281

Biblio

Page 1

Drawing



## FLAW DEPTH MEASURING METHOD AND ITS DEVICE

Patent Number: JP2002062281  
Publication date: 2002-02-28  
Inventor(s): MURAKAMI KOJI  
Applicant(s): TOSHIBA CORP  
Requested Patent: ☐ JP2002062281  
Application Number: JP20000246386 20000815  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G01N29/04; G01N29/18  
EC Classification:  
Equivalent(s):

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To accurately measure a flaw depth in an initial stage so as to evaluate safety, flaw development based on initial flaw detection, and a remaining lifetime of a pressure vessel, a structural body, and the like in an operation plant.  
**SOLUTION:** Scanning by an ultrasonic probe 20, in which a plurality of ultrasonic flaw detecting vibrators 21a, 21b are adjacently arranged while separated from each other by means of an acoustic separation material 23, is carried out in a surface layer part of the structural body as a specimen or carried out above the structural body having a thin cross section. Ultrasonic beams are focused on the vicinity of the surface layer part of the specimen from the vibrators for generating vibration, and diffracted waves or scattered waves from the tip part of a minute shallow flaw part are received. On the basis of a measured ultrasonic propagation time and a distance between ultrasonic incident points in emission and receipt of the vibration, the flaw depth in the structural body surface layer part or the structural body as the specimen having a thin cross section is measured.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-62281

(P2002-62281A)

(43) 公開日 平成14年2月28日 (2002.2.28)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターミナル (参考)
G 0 1 N 29/04 29/18	5 0 2	G 0 1 N 29/04 29/18	5 0 2 2 G 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

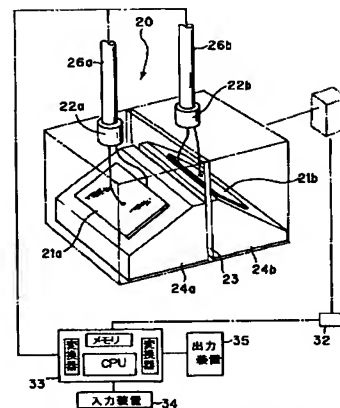
(21) 出願番号	特願2000-246386 (P2000-246386)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成12年8月15日 (2000.8.15)	(72) 発明者	村上 功治 神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目4番地 株式会社東芝浜事業所内
		(74) 代理人	100078765 弁理士 波多野 久 (外1名) Fターム (参考) 2G047 AA07 AC02 BB02 BC02 BC07 BC11 BC18 EA10 GA13 GB02 GB03

(54) 【発明の名称】 欠陥深さ測定方法および装置

# (57) 【要約】

【課題】 欠陥深さを初期の段階で精度良く測定することができ、運転プラントにおける圧力容器や構造物等の健全性の評価、初期欠陥検出による欠陥の進展評価、残存寿命の推定を行うことができるようにする。

【解決手段】 複数の超音波探傷用振動子21a, 21bを音響隔離材23によって隔離した状態で隣接配置した超音波探触子20を、被検査体としての構造物表層部または薄い断面を有する構造物上で走査させる。振動子から被検査体の表層部周辺に超音波ビームを集中させて発振し、微小な浅い欠陥先端部からの回折波または散乱波を受信する。計測される超音波の伝搬時間と、発振および受信における超音波入射点間の距離とに基づき、構造物表層部または薄い断面を有する前記被検査体である構造物の欠陥深さを測定する。



19 ... ケース  
20 ... 超音波探触子  
21(21a, 21b) ... 振動子  
22(22a, 22b) ... コネクタ  
23 ... 音響隔離材  
24(24a, 24b) ... クラビ  
26(26a, 26b) ... ケーブル  
31 ... 走査機構  
32 ... 位置検出機構  
33 ... 演算処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の超音波探傷用振動子を音響隔離材によって隔離した状態で隣接配置した超音波探触子を、被検査体としての構造物表層部または薄い断面を有する構造物上で走査させるとともに、前記振動子から前記被検査体の表層部周辺に超音波ビームを集中させて発振し、微小な浅い欠陥先端部からの回折波または散乱波を受信して、計測される超音波の伝搬時間と、発振および受信における超音波入射点間の距離とに基づき、前記構造物表層部または薄い断面を有する前記被検査体である構造物の欠陥深さを測定することを特徴とする欠陥深さ測定方法。

【請求項2】 請求項1記載の欠陥深さ測定方法において、超音波探触子の音響隔離材によって隔離された一方の振動子を発振側、他方を受信側として使用することを特徴とする欠陥深さ測定方法。

【請求項3】 請求項1または2記載の欠陥深さ測定方法において、超音波入射点間距離を被検査体の板厚変化に応じて補正し、その補正值を欠陥深さ測定の計算式に反映させることを特徴とする欠陥深さ測定方法。

【請求項4】 請求項2又は3記載の欠陥深さ測定方法において、振動子としてそれぞれ複数の振動子要素を集めたものを使用するとともに、それぞれその要素に遅延回路を接続し、前記各要素の電子的走査により屈折角を微調整して欠陥深さ測定を行なうことを特徴とする欠陥深さ測定方法。

【請求項5】 請求項1、3または4のいずれかに記載の欠陥深さ測定方法において、音響隔離材によって隔離された各振動子をそれぞれ独立的に使用し、励起のタイミングをそれぞれずらすことにより、斜角探傷を同時に行なうことを特徴とする欠陥深さ測定方法。

【請求項6】 同一ケース内に超音波探傷用振動子を互いに一定の角度で対向する状態で収納し、これらの振動子間を音響隔離材によって隔離して構成した超音波探触子と、この超音波探触子を支持する複数の走査軸を有する走査機構と、前記振動子から被検査体の表層部周辺に超音波ビームを集中させて発振した際に計測される超音波の伝搬時間と、発振および受信における超音波入射点間の距離とに基づいて欠陥深さの計算を行なう演算装置とを備えたことを特徴とする欠陥深さ測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は非破壊検査等により発見された構造物の割れ等の欠陥に対し、余寿命評価を行う上で必要となる欠陥の大きさ（深さ情報）を測定するための欠陥深さ測定方法に係り、特に従来困難であった構造物表層部または薄い断面を有する構造物の欠陥深さの測定を可能とした欠陥深さ測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 構造物の非破壊検査においては、強度上

許容されるサイズのモデル欠陥と比較して欠陥の検出感度を決定し、合否を判定するのが一般的である。しかし、発電プラント等における損傷時の影響の大きい構造物においては、破壊力学的手法からその余寿命を決定するために、欠陥発生初期の段階（微小欠陥）から、その大きさ（深さ情報）を把握することが望ましい。

【0003】 このような発電プラントにおける初期欠陥は一般に、供用中検査（ISI）において目視検査や超音波探傷等の非破壊検査により検出されるが、欠陥深さ測定においては、構造物の配置や形状の関係から超音波探触子の望ましいアクセスが制限され、計画した探傷を行えないことがある。

【0004】 以下に、超音波探傷を利用した欠陥深さ測定の従来技術について述べる。

【0005】 図13は、従来技術による欠陥深さ検出（端部エコー法）の一例として、厚肉構造物の裏面（探傷面と反対側の面）にある欠陥の検出を行なう場合を例示した説明図である。また、図14は同じく端部エコー法により構造物表面（探傷面）の欠陥の検出を行なう場合を例示した説明図である。

【0006】 これらの図13および図14に示すように、端部エコー法においては、構造物1の探傷面側および探傷面と反対側から内部に向かって発生した欠陥2a、2bの深さHを精度良く測定できる手法として良く知られている。本手法では、割れ等の面状の欠陥2a、2bに対して斜めに超音波を入射させると、図13および図14にグラフ表示したように、欠陥の端部からエコー10、11、12が得られる。これらエコーのピークが得られた時のビーム路程Wと、使用した探触子3の屈折角 $\theta$ とに基づいて、欠陥寸法Hを得るものである。

【0007】 しかし一般に、このような端部エコーは欠陥先端部での散乱波のため微弱であり、オーステナイト系等の超音波散乱減衰が著しい材料においては、ノイズの発生等から端部エコーを見分けるのが困難な場合がある。さらに図14に示したように、欠陥が探傷面側の浅い欠陥（表面から5mm以内程度）である場合については、その領域が探傷不能領域となり、欠陥端部からの信号を検出することが困難であった。

【0008】 次に、図15～図18によって、別の従来技術による欠陥深さ検出として、英国のSilkによって開発された欠陥深さの測定精度が高いTOFD法（Time-Of-Flight Diffraction Technique）による場合（裏面検出）を説明する。

【0009】 図15は裏面側の欠陥検出例を示しており、図16～図18は表面側の欠陥検出例を示している（図18の場合は、薄肉材）。

【0010】 この手法では、図15～図18に示すように、斜角探傷用の超音波探触子3a、3bを互いに向かい合わせに配置し、一方を送信用、他方を受信用として

設定する。送信用探触子3aおよび受信用探触子3bを入射点間距離一定として欠陥を横断して走査させると、超音波の拡散により、材料表面を直接伝搬してくる表面波(Lateral Wave)4、欠陥先端部を經由して伝搬してくる回折波または散乱波5(Diffracted Wave)、および裏面で反射して伝搬してくる底面反射波(Back-wall Echo)6が受信される。このうち、欠陥2a、2bの先端部からの回折波または散乱波5を検出し、その伝搬時間と入射点間距離とに基づいて幾何学的に欠陥2a、2bの深さを測定する。

【0011】しかし、この手法においても、探触子3a、3bの大きさによって決まる探触子同士の接近距離の限界によって、図16および図17に示した表層部近傍の欠陥2bについては探傷が不能となり、欠陥側からの探傷においては欠陥深さが評価できない。また、図18に示した板厚が薄い構造物1においては、市販の探触子によってはビームの太さにより音場が複雑になり、探傷不能となることがある。

【0012】以上の2例に対し、さらに他の方法も知られている。すなわち、欠陥側から探傷し、その深さを測定できる表面波法である。図19(a)、(b)は、この表面波法による欠陥深さ検出の一例(厚肉材検出例)を示す説明図であり、図20(a)、(b)は表面波法を薄肉材に適用した場合を示す説明図である。表面波とは、表層部(表面から1波長程度の深さ)に集中し、表面に沿って伝搬する超音波である。

【0013】図19の例は、一探触子法である。この方法においては、同図(a)に示すように、超音波探触子3からの表面波が構造物1の表面開口欠陥2の開口部A、Cおよび欠陥の先端部Bで反射するので、同図(b)に示すように、これらエコーのビーム路程差から欠陥深さHを求める。

【0014】また、図20の例は、二探触子法である。この方法においては、同図(a)に示すように、探触子3a、3b間の距離を一定値に固定して、健全部の受信信号Dのビーム路程を読み取り、次に欠陥をまたいで探触子3bを配置した時に欠陥先端を經由してくる受信信号Eのビーム路程を読み取る。そして、同図(b)に示すように、これらのビーム路程の差から欠陥深さを測定するものである。

【0015】しかし、これらのいずれの方法においても、欠陥内部に液体が入っていたり、欠陥が閉じている場合、さらには表面の付着物により測定精度が悪くなるか、もしくは、測定不能となる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来技術によっては、液体で満たされた環境下でかつ欠陥側にしか探触子がアクセスできない場合において、欠陥深さを測定できる有効な方法がなく、発生した欠陥を初期の

段階から評価することができないものであった。

【0017】なお、ここで断っておかなければならないことは、現在産業界において使用されている二振動子形垂直探触子との相違点である。すなわち、二振動子形探触子は表層部欠陥の検出を目的として考案された探触子である。しかし、二振動子形探触子における振動子分割の目的は、ある深さの表層部に超音波の交軸がくるように設計され、不感帯を減少させるためであり、欠陥深さの測定は不可能である。

【0018】本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、上述した従来の超音波探傷技術(端部エコー法、TOFD法、表面波法)において評価することが困難であった表層部、または薄肉材における欠陥の検出および深さ測定を確実に行うことができ、このように発生した欠陥をできるだけ初期の段階でその寸法(深さ)を測定することにより、余寿命評価に有効に貢献できる欠陥深さ測定方法を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するために、請求項1の発明では、複数の超音波探傷用振動子を音響隔離材によって隔離した状態で隣接配置した超音波探触子を、被検査体としての構造物表層部または薄い断面を有する構造物上で走査させるとともに、前記振動子から前記被検査体の表層部周辺に超音波ビームを集中させて発振し、微小な浅い欠陥先端部からの回折波または散乱波を受信して、計測される超音波の伝搬時間と、発振および受信における超音波入射点間の距離とに基づき、前記構造物表層部または薄い断面を有する前記被検査体である構造物の欠陥深さを測定することを特徴とする欠陥深さ測定方法を提供する。

【0020】請求項2の発明では、請求項1記載の欠陥深さ測定方法において、超音波探触子の音響隔離材によって隔離された一方の振動子を発振側、他方を受信側として使用することを特徴とする欠陥深さ測定方法を提供する。

【0021】請求項3の発明では、請求項1または2記載の欠陥深さ測定方法において、超音波入射点間距離を被検査体の板厚変化に応じて補正し、その補正値を欠陥深さ測定の計算式に反映させることを特徴とする欠陥深さ測定方法を提供する。

【0022】請求項4の発明では、請求項2又は3記載の欠陥深さ測定方法において、振動子としてそれぞれ複数の振動子要素を集合させたものを使用するとともに、それぞれその要素に遅延回路を接続し、前記各要素の電子的走査により屈折角を微調整して欠陥深さ測定を行うことを特徴とする欠陥深さ測定方法を提供する。

【0023】請求項5の発明では、請求項1、3または4のいずれかに記載の欠陥深さ測定方法において、音響隔離材によって隔離された各振動子をそれぞれ独立的に使用し、励起のタイミングをそれぞれずらすことによ

り、斜角探傷を同時に行なうことを特徴とする欠陥深さ測定方法を提供する。

【0024】請求項6の発明では、同一ケース内に超音波探傷用振動子を互いに一定の角度で対向する状態で収納し、これらの振動子間を音響隔離材によって隔離して構成した超音波探触子と、この超音波探触子を支持する複数の走査軸を有する走査機構と、前記振動子から被検査体の表層部周辺に超音波ビームを集中させて発振した際に計測される超音波の伝搬時間と、発振および受信における超音波入射点間の距離とに基づいて欠陥深さの計算を行なう演算装置とを備えたことを特徴とする欠陥深さ測定装置を提供する。

【0025】以上の本発明においては、音響隔離材を挟んで隣接する超音波探触子による超音波入射点を限りなく接近させ、欠陥先端部からの散乱波または回折波を得る。そして、入射点間距離、得られた信号の伝搬時間から欠陥深さを測定する。これにより、従来の二振動形探触子、斜角探触子では為し得なかった表層部および厚さの薄い材料の欠陥深さの測定を可能とする。

【0026】なお、本発明においては、欠陥を有する被検査体の欠陥の深さを測定する超音波探傷法において、欠陥上に位置した超音波の伝搬径路を、表面から約5mm以内の領域に設定することが望ましい。すなわち、送信用超音波探触子および受信用超音波探触子の屈折角が作る超音波径路の交軸点を表面から5mm以内の領域に設計する。そして、斜角探触子の場合にはこれらを互いに向かい合せて斜めに配置し、かつそれらを1つの収納ケース内に収納し、これにより1mm程度の欠陥についても深さの測定を可能とする。

【0027】ここで、探触子の入射点間距離を短くするために、水浸法の適用が考えられるが、水浸法においては、材料表面からの多重反射等により材料表面から受ける影響が大きく、初期欠陥の発生する表層部においては評価できない。

【0028】このような理由から水浸法ではなく、接触法において、超音波の入射点間距離をできるだけ接近させるため、ある角度に傾けた2個の振動子を音響隔離面で仕切り、一つのケースに納め、超音波主ビームの交軸点の深さが5mm程度になるように前記探触子間距離を設計するのである。送信側の超音波探触子から出射された超音波は入射後、板厚中に拡散する。表層部に超音波のエネルギーが集中しているため、狙った深さの欠陥を捉えることができる。ここで、表面波は表面開口欠陥の存

在により遮断されるため、伝搬時間および走査距離の情報から、欠陥の有無が視覚的に認識でき、非常に有力な判断基準となる。水浸法では評価ができなかった表層部に探傷を限定したことにより、欠陥先端部からの信号を確実に受信することが可能となる。

【0029】実験的には、1mm深さの欠陥を検出することに成功しており、1mm、2mm、3mm、4mm、5mmの欠陥に対し、それらの深さを測定した。結果は、全ての欠陥をすべて検出できる分解能を有し、深さの測定においてはそれぞれ1mm以下の精度で評価可能な知見を得た。これにより、初期欠陥の評価を行うことができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について、図1～図12を参照して説明する。

【0031】まず、図2および図3によって、本実施形態で適用するTOFD法の原理について詳しく説明する。図2はTOFD法を実施する場合の概念を示し、図3は図2に対応した探傷によって得られる典型的な画像を示している。

【0032】図3に示す画像は、信号波形の振幅値を示すAスコープ表示と、多数のAスコープ表示の信号波形の振幅値を色の濃淡で表すBスコープ表示とからなる。送信用超音波探触子3aと受信用超音波探触子3bとの走査により、入射点間距離を一定として欠陥2を横断させると、送信用超音波探触子3aから出射された超音波の拡散により、図2に示すように、材料表面を直接伝搬してくる表面波4、欠陥2の先端部を経由して伝搬してくる回折波又は散乱波5、および裏面で反射して伝搬してくる底面反射波6が、受信用超音波探触子3bによって受信される。ここで、回折波または散乱波5は、欠陥2の先端部からの超音波伝搬径路の変化により、図3のBスコープ表示で示されるように、弓形の画像を形成する。欠陥2の先端部では、この回折または散乱現象が発生しており、欠陥2の先端部が球面波の発生源となり、受信側へと伝搬してゆくのである。

【0033】この弓形の頂点が、最短径路で受信された欠陥先端部からの信号であり、深さ測定の計算に使われる。計算式（裏面開口欠陥の場合）は下記の（1）で示される。

【0034】

【数1】

$$d = T - \frac{1}{2} \sqrt{c^2 \{t - (t_{10} + t_{20})\}^2 - L^2} \quad \dots\dots (1)$$

d : 欠陥寸法

T : 板厚

c : 音速

t : 欠陥先端部を経由した送信から受信までの全伝搬時間

t<sub>10</sub> + t<sub>20</sub> : 探触子内部の伝搬時間の合計

L : 入射点間距離

【0035】上記の(1)式において、音速c、全伝搬時間t<sub>10</sub> + t<sub>20</sub>および入射点間距離Lが既知であるので、得られた画像から全伝搬時間tを例えば図3に示したBスコープのカーソル■で計測すれば、欠陥寸法dが測定可能であることがわかる。図3中のAスコープ表示はBスコープのカーソル■上の波形データを示しており、カーソル■および■により、欠陥先端部および底面からの信号の伝搬時間を計測することができる。

【0036】本実施形態においては、主として以上で説明したTOFD法を用いる。

【0037】図1は、本実施形態の方法を実施するための装置構成を示す説明図であり、斜角探傷用の超音波探触子を使用する。

【0038】図1に示すように、本実施形態の超音波探触子20は、超音波発振用の振動子21aおよび受信用の振動子21bを互いに一定の角度で対向する状態で、同一ケース19内に隣接させて収納し、これらの振動子21a、21b間を音響隔離材23によって隔離して構成される。

【0039】各振動子21a、21bは、その構成材料中で表層部近傍に縦波または横波の音波が集中するように適当な角度でくさび24a、24bに密着するように設計され、それにより各入射点間距離が決定される。各振動子21a、21bにはコネクタ22a、22bを介してケーブル26a、26bが接続されている。

【0040】また、超音波探触子20を走査する走査機構31およびその位置を検出する位置検出機構32と、各振動子21a、21bによる送受信信号の信号処理を行なう演算装置33と、この演算装置33に連結された入力装置34および出力装置35とを備える。

【0041】そして、超音波探触子20を被検査体としての構造物表層部または薄い断面を有する構造物上で走査させるとともに、各振動子21a、21bから被検査体の表層部周辺に超音波ビームを集中させて発振し、微小な浅い欠陥先端部からの回折波または散乱波を受信して、計測される超音波の伝搬時間と発振および受信における超音波入射点間の距離との関係に基づいて、構造物表層部または薄い断面を有する構造物の欠陥深さを測定する。

【0042】次に、図2～図8で示した作用説明図により、欠陥深さ測定方法について、詳細に説明する。

【0043】図4および図5に示すように、音響隔離面23により仕切られたケース内に送信用と受信用の振動子21a、21bが組込まれており、各振動子21a、21bは材料中で表層部近傍に縦波または横波の音波が集中するように適当な角度でくさび24に密着するように設計され、各入射点間距離が決定される。

【0044】なお、通常では表層部の音波は近距離音場内にあり、互いに強め合う部分や弱め合う部分が混在しており、超音波探傷においては欠陥評価の対象外であった。

【0045】これに対し、本実施形態においては、表面開口微小欠陥2の存在により、欠陥先端部以外の送信波は、欠陥で反射されるか、または当たらずにそのまま直進してしまうかのいずれかであり、欠陥先端部からの回折波または散乱波5と底面反射波のみ受信される特徴がある。

【0046】欠陥2が存在すれば、欠陥以外の要素たとえば材料の結晶粒からの疑似エコーや溶接組織等による疑似エコーがあろうとも必ず、最短時間で帰ってくるのは欠陥先端部からの信号5であるといえる。これにより近距離音場内での複雑な領域のほとんどを無視できるので、散乱波または回折波5を明瞭に検出することが可能となるのである。

【0047】欠陥2を横断するように探触子20全体を走査させると、入射点間距離は一定のままであるので、欠陥2が入射点間の中央に位置する時に最も振幅が大きかつ最短時間で帰ってきた信号である。入射点間の中央の前後では伝搬経路が長くなり、結局前図のように画像にすると弓形の画像になる。

【0048】通常のTOFD法においては、超音波の伝搬距離が長い。しかし、本実施形態の表層部および薄板材の探傷においては、超音波の伝搬距離が短く、欠陥深さ測定における計算に誤差を生じ易い。

【0049】図7および図8に示すように、振動子21aから出た超音波は幅を持っており、それぞれ入射点異なる。意図した欠陥深さよりも深い場合には、設計点よりも遠方に入射点はシフトするため、便宜的に振動子

の端部に換算して計算すると、測定精度は向上することが後述の図9および図10に示すように、実験により明確に認められた。これにより、欠陥深さ測定誤差を小さく抑えることが可能であり、初期欠陥寸法のモデル化に貢献することができる。

【0050】以上述べた本実施形態の欠陥深さ測定装置においては、探触子21a、21bの接近限界距離を小さくするため、振動子サイズを小さく設計している。そのため、下記の(2)式の如く、音波の拡散が大きくなり、TOFD法として欠陥が捉えやすくなるうえ、材料表面層部においては入射時のビーム幅が狭いため、精度も向上する。

【0051】

【数2】

$$\sin \theta = 1.22 \lambda / D \quad \cdots (2)$$

$\theta$  : 円形振動子の指向角

$\lambda$  : 音波の波長

$D$  : 円形振動子の直径

【0052】図9および図10に本実施形態により得られた欠陥深さ測定結果を示している。図9は厚肉材(厚さ40mm)における表面開口欠陥(微小欠陥)の寸法測定結果を示したものである。縦軸に測定結果を示し、横軸に実際の欠陥深さを示している。本実施形態の結果では実際の欠陥深さに測定結果が高精度で一致していることが分かる。

【0053】図10は薄肉材(厚さ10mm)における表裏面開口欠陥(黒丸印が表面、白丸印が裏面の微小欠陥)の寸法測定結果を示したものである。前記同様に、縦軸に測定結果を示し、横軸に実際の欠陥深さを示している。本実施形態の結果においても、実際の欠陥深さに測定結果が高精度で一致していることが分かる。

【0054】なお以上の実施形態においては、振動子21をある角度に固定し、設計した入射角で欠陥2の深さを測定する手法について説明したが、本発明はそのようなものに限られない。

【0055】すなわち、2組の振動子としてそれぞれ複数の振動子を集合させたものを使用するとともに、それぞれその要素に遅延回路を接続し、各要素の電子的走査により屈折角を微調整して欠陥深さ測定を行なうようにしてもよい。

【0056】例えば図11には、微小な振動子要素を配列した振動子群により発振側振動子21aおよび受信側振動子21bを構成した電子走査形の例を示す説明図であり、図12は、その作用を示す説明図である。

【0057】本例においては、入射角を固定することなく、遅延回路25による振動子21a、21bの励起のタイミングを徐々にずらしていくことにより、超音波の進行方向を制御するものである。

【0058】このように、音響隔離面23に対し、発振と受信の遅延回路25を対称にし、入射角の変化に伴う入射点の変化、すなわち入射点間距離を計算することで、前述の手法と同様な測定が可能となる。ここで、中央の音響隔離面23は送信超音波が受信に影響を与えないために設けたものである。

【0059】また、上記の遅延回路によるタイミングのずれを利用し、それぞれの振動子を別々に使用することも可能である。すなわち、TOFD法における送信、受信の一对の関係ではなく、単独に斜角探触子として使用するものである。それぞれの振動子が一直線上にきているため、同時の振動子の励起では互いに音波が干渉してしまう。しかし、励起のタイミングをある間隔だけずらすことにより、単独の斜角探傷が同時に2方向で行える。つまり、音響隔離材によって隔離された各組の振動子をそれぞれ独立的に使用し、励起のタイミングをそれぞれずらすことにより、斜角探傷を2方向で同時に行なうようにしてもよい。

【0060】このような方法によっても、斜角探傷により得られた情報を基に、欠陥の深さ測定モードに切り替えることにより、より効率の良い探傷を行うことが可能となる。

【0061】なお、以上の実施形態では超音波探触子の振動子を2組に分けた構成としたが、2以上の複数の振動子を音響隔離材によって隔離配置して構成することも可能である。

【0062】

【発明の効果】以上で詳述したように、本発明によれば、欠陥深さを初期の段階で精度良く測定することができ、運転プラントにおける圧力容器や構造物等の健全性の評価、初期欠陥検出による欠陥の進展評価、残存寿命の推定を行うことができる等、その産業界の品質管理に与える効果は多大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る欠陥深さ測定装置の一実施形態によるプローブ構成を示す斜視図。

【図2】前記実施形態に応用するTOFD法の原理を示す構成および作用説明図。

【図3】前記第1実施形態に対応するTOFD法の原理を示すデータ説明図。

【図4】前記実施形態による検査状態を示す説明図。

【図5】図4に示した検査状態における作用を説明するための要部拡大図。

【図6】図5に示した検査状態における超音波波形を示す説明図。

【図7】前記実施形態における超音波の入射点間距離を示す説明図。

【図8】前記実施形態における補正された超音波入射点間距離を示す説明図。

【図9】前記実施形態における一例として厚肉材表面欠

陥の寸法測定結果を示すグラフ。

【図10】前記実施形態による他の例として薄肉材表裏面欠陥の寸法測定結果を示すグラフ。

【図11】本発明の他の実施形態による欠陥深さ検出装置を示す説明図。

【図12】図11の実施形態による欠陥深さ検出作用を示す説明図。

【図13】従来技術による欠陥深さ検出（端部エコー法）の一例（裏面検出例）を示す説明図。

【図14】従来技術による欠陥深さ検出（端部エコー法）の他の例（表面検出例）を示す説明図。

【図15】従来技術による欠陥深さ検出（TOFD法）の一例（裏面検出例）を示す説明図。

【図16】従来技術による欠陥深さ検出（TOFD法）の他の例（厚肉材裏面検出例）を示す説明図。

【図17】従来技術による欠陥深さ検出（TOFD法）の一例（厚肉材検出例）を示す説明図。

【図18】従来技術による欠陥深さ検出（TOFD法）の他の例（薄肉材検出例）を示す説明図。

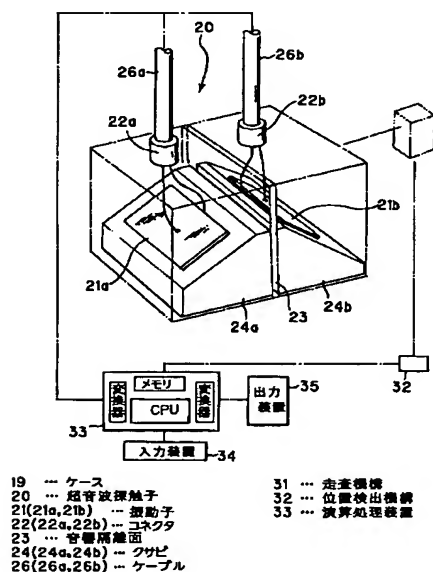
【図19】（a），（b）は従来技術による欠陥深さ検出（表面波法）の一例（厚肉材検出例）原理を示す図。

【図20】（a），（b）は従来技術による欠陥深さ検出（表面波法）の他の例（薄肉材検出例）原理を示す図。

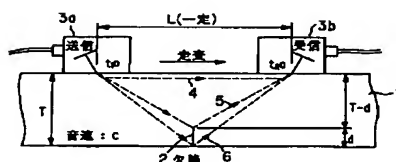
# 【符号の説明】

- |    |               |              |
|----|---------------|--------------|
|    | 1             | 構造物          |
|    | 2             | 欠陥           |
|    | 3             | 超音波探触子       |
| 05 | 4             | 表面波          |
|    | 5             | 回折波または散乱波    |
|    | 6             | 底面反射波        |
|    | 10            | 欠陥上端からのエコー   |
|    | 11            | 欠陥コーナーからのエコー |
|    | 12            | 欠陥下端からのエコー   |
|    | 19            | ケース          |
|    | 20            | 超音波探触子       |
|    | 21 (21a, 21b) | 振動子          |
|    | 22            | コネクタ         |
| 15 | 23            | 音響隔離面        |
|    | 24            | クサビ          |
|    | 25            | 遅延回路群        |
|    | 26            | ケーブル         |
|    | 31            | 走査機構         |
| 20 | 32            | 位置検出機構       |
|    | 33            | 演算装置         |
|    | 34            | 入力装置         |
|    | 35            | 出力装置         |

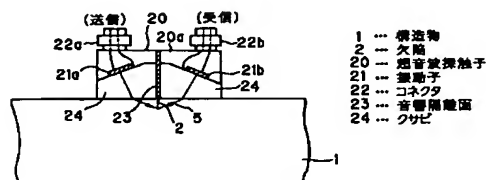
【図1】



【図2】

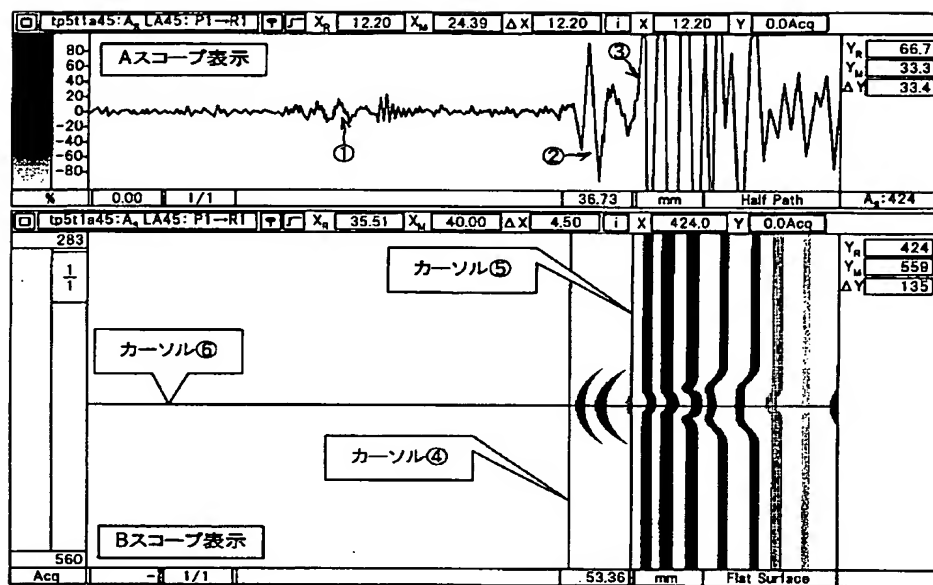


【図4】

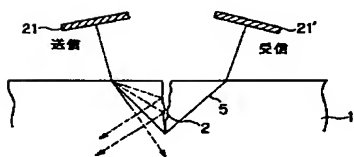




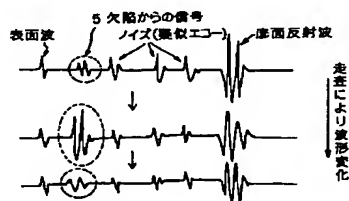
【図3】



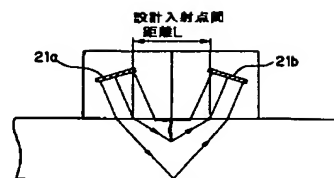
【図5】



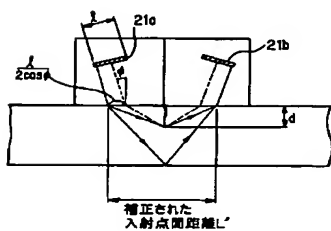
【図6】



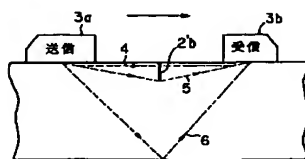
【図7】



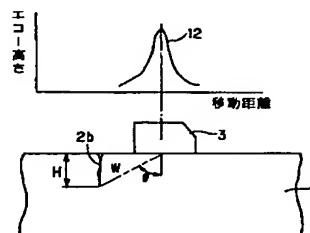
【図8】



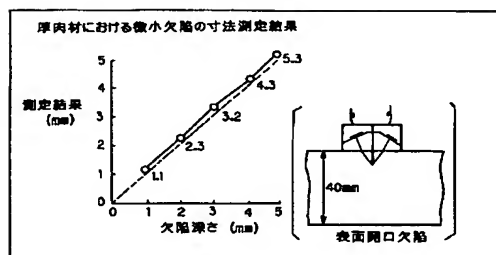
【図16】



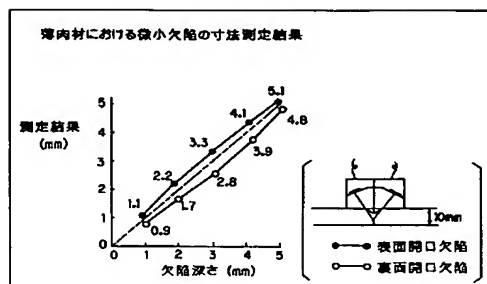
【図14】



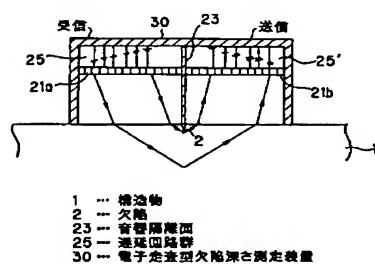
【図9】



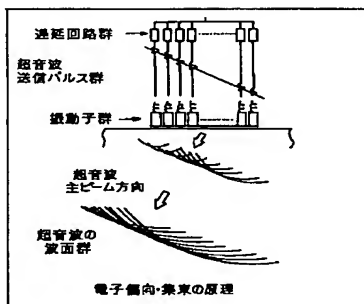
【図10】



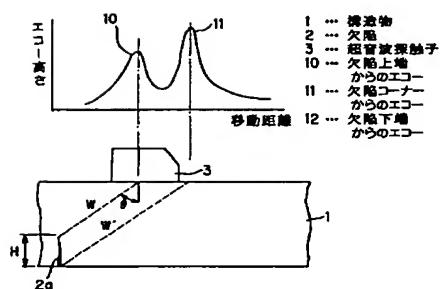
【図11】



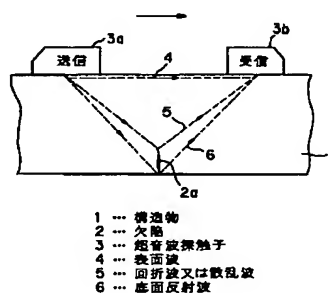
【図12】



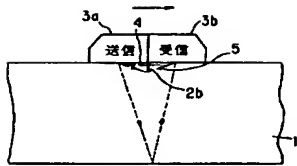
【図13】



【図15】

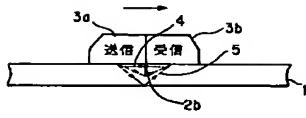


【図17】

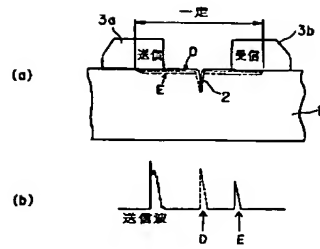


- 1 ... 構造物
- 2 ... 欠陥
- 3 ... 超音波探触子
- 4 ... 表面波
- 5 ... 回折波又は散乱波

【図18】



【図20】



【図19】

